
Bericht Nr. 2316055.1

Jan Nagelisen / Daniel Bieri

Gemeinde Wolhusen

**Werthenstein, ARA Blindei,
Regenbecken Wohlhusen**

Geotechnischer Bericht

Horw, 8. Februar 2017

GEOTEST AG
GRISIGENSTRASSE 6
CH-6048 HORW
T +41 (0)41 349 24 50
F +41 (0)41 349 24 51
horw@geotest.ch
www.geotest.ch

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
1.1	Projekt, Auftrag	3
1.2	Problemstellung	4
2.	Vorhandene Unterlagen	4
3.	Ausgeführte Untersuchungen	5
4.	Untersuchungsergebnisse	5
4.1	Geologische Übersicht	5
4.2	Schichtaufbau des Untergrundes	5
4.3	Baugrundwerte	6
4.4	Grundwasserverhältnisse	7
4.4.1	Gewässerschutz	7
4.4.2	Grundwasser	7
5.	Folgerungen	8
5.1.1	Baugrube	8
5.1.2	Wasserhaltung	10
5.1.3	Foundation	10
6.	Bauten im Grundwasser	11
7.	Aushub und Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials	11
8.	Baugrundklasse bezüglich Erdbebeneinwirkung	11
9.	Beeinträchtigung Dritter	12
10.	Schlussbemerkung	13

Anhang

Nr.

Situation mit Lage der Sondierungen, 1:200	1
Profile der Baggerschlitz BS01/17 – BS03/17	2.1 – 2.3
Geotechnischer Längs- und Querschnitt	3

1. Einleitung

1.1 Projekt, Auftrag

Objekt:	Werthenstein, ARA Blindei, Regenbecken Wohlhusen
Bauherrschaft:	Gemeindeverwaltung Wolhusen, Willi Bucher, Menznauerstrasse 13, 6110 Wolhusen
Generalplaner:	Hunziker Betatech AG, Pflanzschulstrasse 17, 8411 Winterthur
Bauvorhaben:	Das Projekt sieht den Bau eines Regenbeckens auf dem Areal der ARA Blindei vor. Dieses ist zwischen dem bestehenden Schlammstapel 2 und der Kleinen Emme geplant. Das Regenbecken hat eine Grundfläche von ca. 8 m x 28 m und besitzt auf der Seite zur Kleinen Emme eine Fahrbahn von 4 m Breite. Die Fundationskoten des Regenbeckens liegen zwischen 553.5 m ü.M. und 552.7 m ü.M. und somit ca. 3.5 m bis 4.5 m unter aktuellem Terrain. Eine einzelne tiefer fundierte Stelle reicht bis auf ca. 551.6 m ü. M. (5.6 m unter Terrain).
Koordinaten:	2'649'500 / 1'211'580
Offerte:	GEOTEST OF2316055.2 vom 06. Januar 2016
Auftrag:	Auftragsbestätigung durch Hunziker Betatech vom 23. Januar 2017

1.2 Problemstellung

Für das geplante Regenbecken in der ARA Blindei waren mit einer Baugrunduntersuchung die folgenden Fragen zu klären:

- Schichtaufbau des Untergrundes, geotechnische Eigenschaften, Setzungsverhalten, Lage der Felsoberfläche
- Grundwasserverhältnisse.

Die Abklärungen erlauben Aussagen zu den grundbaulichen Problemen im Zusammenhang mit den Bauvorhaben:

- Beurteilung der Fundationsmöglichkeiten
- Baugrubensicherung, Wasserhaltung
- Abbaubarkeit und Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials
- Beeinträchtigung Dritter.

2. Vorhandene Unterlagen

Als Grundlage für den vorliegenden Bericht wurden folgende Unterlagen verwendet:

- [1] Bundesamt für Landestopografie swisstopo (2017); Geologischer Atlas / Karte der seismischen Baugrundklassen; map.geo.admin.ch.
- [2] Gebr. Mengis Luzern, Luzern; Baugrunduntersuchungen Kläranlage Wolhusen; Februar 1970
- [3] GEOTEST AG; Geotechnischer Bericht 2313131.1 K34, Wolhusen-Ruswil, RAV, Kunstbauten; 13.08.2013
- [4] GEOTEST AG; Geotechnischer Bericht 2316055.1 Ruswil, Anschluss ARA Ruswil – ARA Blindei; 26.07.2016
- [5] GEOTEST AG (2017); diverse Archivunterlagen
- [6] Hunziker Betatech AG; Plangrundlagen, Regenbecken Blindei, Draufsicht, Schnitte; 28.09.2017

3. Ausgeführte Untersuchungen

Am 27.01.2017 wurden durch A. Duss AG, Fontannen, drei Baggerschlitze im Bereich des geplanten Regenbeckens der ARA Blindei ausgehoben. Die Baggerschlitze erlauben Aussagen zum Aufbau des Untergrundes, zu dessen Lagerungsdichte sowie zu Lage der Felsoberfläche.

Die Lage der Sondierungen ist in der Situation im Anhang 1 verzeichnet. Die Schlitzprofile sind im Anhang 2 ersichtlich. Der Anhang 3 zeigt in einem Schnitt die geologischen Verhältnisse beim geplanten Regenbecken.

Zusätzlich zu den neu ausgeführten Sondierungen können wir auf diverse Sondierungen aus dem Jahr 1970 [2] sowie 2016 [4] zurückgreifen.

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Geologische Übersicht

Im Untersuchungsgebiet wird der Felsuntergrund aus Gesteinen der Oberen Süßwassermolasse gebildet. Lithologisch handelt es sich um eine Wechsellagerung von Sandstein, Nagelfluh und Mergel. Der Fels wird von einer teilweise geringmächtigen Lockergesteinsschicht überdeckt. Im Bereich der Kleinen Emme besteht diese hauptsächlich aus den sandig / kiesigen Emmeschottern, welche im Laufe der Zeit durch den Geschiebetransport der kleinen Emme abgelagert wurden. Die oberste Schicht wird je nach Standort durch eine natürliche Deckschicht oder künstliche Auffüllungen gebildet.

4.2 Schichtaufbau des Untergrundes

Schichttyp A: Deckschicht / Auffüllung

Der Schichttyp A umfasst die natürliche Deckschicht und die Auffüllungen im Bereich des bebauten Parzellenteils (Hinterfüllungen, Schüttungen). Die natürliche Deckschicht setzt sich unter dem Humus aus schwach siltigem und unterschiedlich kiesigem Sand zusammen.

Die Auffüllungen bestehen aus schwach siltigem Sand mit Kies und Steinen (Kies-

koffer). Künstliche Beimengungen wie Ziegelreste und Holzstücke können nicht ausgeschlossen werden.

Die Deckschicht ist locker bis mitteldicht, der Kieskoffer hingegen mitteldicht bis dicht gelagert. Die gesamte Schicht A reicht bis in eine Tiefe von ca. 1.4 – 2.0 m. Beim BS02/17 wurde ein bisher nicht bekannter Schacht und eine PVC-Leitung aufgeschlossen, welche in Richtung kleine Emme verläuft.

Schichttyp B: Sandig – kiesige Flussablagerungen (Emmeschotter)

Unter der Deckschicht folgen fluviatile sandig – kiesige Ablagerungen der Kleinen Emme. Sie setzen sich aus mässig bis stark kiesigen Sanden und mässig bis stark sandigen Kiesen mit vielen Steinen und einigen Blöcken zusammen. Geringmächtige, eher feinkörnige Zwischenschichten (feinsandiger Silt) aus ruhigeren Phasen der Kleinen Emme konnten in den Baggerschlitzten nicht beobachtet werden, können aber nicht ausgeschlossen werden. Die Emmeschotter sind dicht gelagert.

Schichttyp C: Molassefels (Obere Süsswassermolasse)

Unter den sandig – kiesigen Flussablagerungen folgt der Fels der sogenannten Oberen Süsswassermolasse (OSM). Dieser besteht aus einer Wechsellagerung von Sandsteinen, Mergel und Nagelfluh. Die obersten Dezimeter des Felsens sind vermutlich verwittert. Der Molassefels ist an den Hangflanken teilweise anstehend. Die Baggerschlitzte BS 02/17 und BS 03/17 sind in Tiefen von 4.5 m respektive 5.0 m auf eine harte und relativ glatte Schicht gestossen. Dabei handelt es sich vermutlich um die Felsoberfläche. Dies deckt sich mit den Informationen aus den Baugrundsondierungen von 1970 [2] sowie den Sondierungen aus dem Jahr 2016 [4]. Gemäss diesen folgt die Felsoberfläche zwischen 2.8 m und 4.7 m unter dem gewachsenem Terrain und fällt Richtung Kleine Emme hin leicht ab.

4.3 Baugrundwerte

Aufgrund der Beurteilung der Untersuchungsergebnisse sowie unserer Erfahrungen schätzen wir folgende charakteristische Baugrundwerte (Laborversuche wurden keine durchgeführt):

Tabelle 1: Geschätzte Baugrundwerte (Erfahrungswerte)

Schicht	Material- beschreibung	Feldklassifikation (USCS)	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	M_{E1} [MN/m ²]	M_{E2} [MN/m ²]
A	Sand, schwach siltig, schwach kiesig, locker bis mitteldicht	SM	19.5 (19.0 – 20.0)	32 (30 – 34)	0 (0)	13 (7 – 19)	36 (28 – 42)
B	Kies, Sand, mit Steinen, teilwei- se siltig, mittel- dicht bis dicht	SM, SP, GM, GP	20.5 (20 – 21)	35 (33 – 37)	0 (0)	25 (20 – 30)	80 (60 – 100)
C	Sandstein, Mer- gel, Nagelfluh	OSM	25	--	--	> 100	>> 100

Legende: **fett** geschätzter Erwartungswert X_m () geschätzte Extremwerte bzw. charakt. Werte X_k

γ Feuchtraumgewicht c' effektive Kohäsion

ϕ' innerer Reibungswinkel M_{E1} Zusammendrückungsmodul bei Erstbelastung

M_{E2} Zusammendrückungsmodul bei Wiederbelastung

A Deckschicht / Auffüllungen

B Sandige - kiesige Flussablagerungen

C Molassefels

4.4 Grundwasserverhältnisse

4.4.1 Gewässerschutz

Das Areal der ARA Blindei liegt im Gewässerschutzbereich A_u , am Rand eines geringmächtigen Grundwasserleiters (Mächtigkeit 0 – 5 m), welcher entlang der Kleinen Emme kartiert ist.

4.4.2 Grundwasser

In allen drei ausgehobenen Baggerschlitzten (max. erreichte Tiefe: 552.3 m ü. M.) konnten keine Wasserzutritte festgestellt werden. Im Piezometerrohr PM 01/16, welches im Jahr 2016 versetzt wurde, konnte während Messungen im Jahr 2016 bis in eine Tiefe von ca. 3 m ab Oberkante Terrain nie Grundwasser gemessen werden. Dies entspricht einer Kote von ca. 553.1 m ü. M. In den Baggerschlitzten von 1970 [2] wurden während den Sondierungen bis auf die Felsoberfläche ebenfalls keine Grundwassereintritte festgestellt. Am Folgetag hat sich in den offen ge-

lassenen Sondierschlitzten nach nächtlichem Niederschlag auf der Felsoberfläche ein Wasserstand von 20 cm gebildet.

Gemäss diesen Erkenntnissen gehen wir davon aus, dass in den Flussablagerungen im relevanten Tiefenbereich höchstens nach intensiven Niederschlägen und/oder bei Hochwasser der Kleinen Emme Grundwasser vorhanden ist.

Die Sohle der Kleinen Emme liegt im Bereich des geplanten Beckens bei ca. 551.2 m ü. M.

5. Folgerungen

5.1.1 Baugrube

Gemäss den uns zur Verfügung stehenden Plangrundlagen befindet sich die Fundationskote zwischen 553.5 m ü.M. und 552.7 m ü.M. Eine einzelne, tiefer liegende Stelle (in den Profilschnitten in Anhang 3 eingezeichnet) reicht bis auf 551.6 m ü. M. Der Felshorizont befindet gemäss unseren Sondagen voraussichtlich auf ca. 552.0 – 552.4 m ü. M. und fällt nach Norden hin leicht ab.

Die Platzverhältnisse für freie Böschungen sind im nördlichen, östlichen und westlichen Teil gegeben. Im südlichen Teil sind die Platzverhältnisse aufgrund des Schlammstapels hingegen teilweise stark eingeschränkt.

Im Lockermaterial sind die Böschungsneigungen auf 2:3 bis max. 4:5 zu beschränken. Unbelastete temporäre Böschungen bis max. 4 m Höhe können im **trockenen Bereich** und bei ausreichenden Platzverhältnissen frei geböscht werden. Überschreiten die Böschungen die Höhe von 4 m, so sind sie mit einer Zwischenberme von mindestens 1 m breite auszuführen oder mittels Sickerbetonvorlagen zu stabilisieren.

Wo wasserführende Schichten auftreten, sind eventuell lokale Sicherungsmassnahmen erforderlich (z.B. Sickerbeton).

Zusätzliche Belastungen (Lager, Kran, Deponien oder ähnliches) unmittelbar oberhalb der ungesicherten Böschungen sind in genügendem Abstand zur Böschungsoberkante anzuordnen (Abstand mindestens gleich der Böschungshöhe im Lockermaterial).

NÖRDLICHE, ÖSTLICHE UND WESTLICHE LÄNGSSEITE

Gemäss den Resultaten der Sondagen wird der Aushub grösstenteils im Lockermaterial erfolgen. Einzige Ausnahme bildet die in den Profilen ersichtliche Vertiefung. Diese wird einen kleinen Felsaushub bedingen. Die Böschungen können gemäss den obigen Angaben frei geböscht werden.

SÜDLICHE LÄNGSSEITE

Entlang der südlichen Längsseite schränkt der bestehende Schlammstapel die Platzverhältnisse stark ein und verhindert eine freie Böschung. Aus Gründen der Stabilisierung des Schlammstapels und zur Sicherung der Böschung muss der Schlammstapel mit einer verankerten und armierten Betonwand unterfangen werden. Wir empfehlen, diese Sicherung bis auf den Fels zu erstellen. Seitlich neben dem Schlammstapel sind freie Böschungen gemäss obigen Angaben ebenfalls realisierbar.

Für die Unterfangung des Schlammstapels haben wir im Schnitt T-T eine Vordimensionierung vorgenommen. Daraus ergeben sich folgende Nagellagen und –längen:

Tabelle 3: Vorgeschlagene Vernagelung

	Schnitt T-T
Höhe Hanganschnitt gesamt (unter Fundament Schlammstapel, bis auf den Fels):	Max. 2.8 m
Anzahl Ankerlagen:	Max. 3
Bohrlochdurchmesser:	≥ 76 mm
Horizontaler / vertikaler Ankerabstand:	1.5 m / 1.0 m
Oberste Ankerlage:	0.3 m unter dem Fundament Schlammstapel
Neigung der Anker:	10°
Minimale Ankerlängen:	5 m
Ankertyp / Bruchkraft:	z.B. Swiss Gewi 32 mm oder IBO 32 mm Selbstbohranker
Vorspannung:	100 kN
Armierung in der Wand:	Doppeltes Armierungsnetz (z.B. K 335)
Dicke der Spritzbetonschicht:	≥ 20 cm

Allgemeine Hinweise zur Vernagelung

- Die Ausführung der Vernagelung muss in horizontalen und vertikalen **Etappen** unter der Berücksichtigung der tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse erfolgen.
- Die definitive Anzahl und Länge der Nägel ergibt sich aufgrund des visuellen Befundes vor Ort (geotechnische **Baubegleitung** erforderlich).
- Die Nagelreihen sind gegeneinander versetzt anzuordnen.
- Da unter dem Schlammstapel Deformationen möglichst verhindert werden sollen, sind die Anker vorzuspannen.

5.1.2 Wasserhaltung

Die Baggerschlitzte sowie die Messresultate des Piezometerrohres [4] und der alten Baggerschlitzte von 1970 [2] weisen nicht auf das Vorhandensein von Grundwasser hin. Dies kann mit den vorhandenen Informationen allerdings nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Sollte sich durch den Aushub eine hydraulische Verbindung zur Kleinen Emme einstellen (vor allem, falls diese Hochwasser führt), so wäre mit erheblichen Wassereintritten zu rechnen. Obwohl dieser Fall unwahrscheinlich ist, empfehlen wir, leistungsfähige Pumpen vorzuhalten.

Sich im Bereich der Felsoberfläche allenfalls stauendes Wasser (Hang- oder Meteorwasser) müsste mittels kleinen Gräben gefasst und abgepumpt werden.

5.1.3 Foundation

Die Aushubsohle wird voraussichtlich grösstenteils in den Emmenschotter liegen. Diese Schotter sind gut tragfähig, es kann eine Flachfundation ausgeführt werden. Die Baugrubensohle ist vor dem Einbringen des Fundamentes gut zu verdichten. Auf der gut verdichteten Baugrubensohle kann mit zulässigen Bodenpressungen von ca. 300 kN/m² (charakteristisches Niveau) gerechnet werden. Sollten wider Erwarten auf Fundationstiefe bereichsweise feinkörnigere Schichten anstehend sein (vgl. Kapitel 4.2), so sind diese durch tragfähiges Aushubmaterial zu ersetzen.

Bei Anlageteilen wo die Fundation im Molassefels erfolgt, kann mit einer charakteristischen Pressung $\sigma_{k,Fels} \leq 500 \text{ kN/m}^2$ gerechnet werden.

6. Bauten im Grundwasser

Für Bauten, welche sich im Gewässerschutzbereich A_u befinden und deren Bauteile unter den mittleren Grundwasserspiegel reichen, ist eine Bewilligung des Amtes für Umweltschutz erforderlich (Art. 19, Abs. 2 GschG; Art. 32 GSchV). Die Grundlage der entsprechenden Bewilligung ist ein **Unbedenklichkeitsnachweis** bezüglich Bauten im Grundwasser.

Das Areal der ARA Blindei liegt im Gewässerschutzbereich A_u , am Rand eines kartierten Grundwasservorkommens. Bei den bisher durchgeführten Sondierungen wurde zwar ein potenzieller Grundwasserleiter aufgeschlossen (Flussablagerungen, Schicht B). Dieser war aber nicht wasserführend. Ob unter diesen Umständen ein Unbedenklichkeitsnachweis notwendig ist, muss mit der kantonalen Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) abgeklärt werden.

7. Aushub und Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials

Die Deckschicht und die Flussablagerungen sowie der verwitterte Molassefels sind normal bis leicht erschwert baggerfähig. Der kompakte Molassefels wird sich jedoch als Ripperfels erweisen. Der Abbau kann mit dem **Hydraulikhammer** erfolgen.

Die Deckschicht und allfällige Schwemmablagerungen sind durch den Gehalt an Feinanteilen nicht frostsicher. Sie können daher nur für Anwendungen mit geringen Ansprüchen (Geländeanpassungen) verwendet werden. Der abgebaute Fels kann nach dem Brechen für Schüttungen oder als Koffermaterial genutzt werden. Allenfalls vorhandene künstliche Auffüllungen sind einer Inertstoffdeponie zuzuführen.

8. Baugrundklasse bezüglich Erdbebeneinwirkung

Das geplante Becken bei der ARA Blindei liegt gemäss der Karte der Baugrundklassen des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) in der Baugrundklasse E. Aufgrund der durchgeführten Sondierungen und vorhandenen Unterlagen besteht der Untergrund aus Molassefels unter einer Lockergesteinsschicht von weniger als 5 m

Mächtigkeit, weshalb der Bereich der ARA Blindei jedoch der **Baugrundklasse A** zuzuordnen ist.

Tabelle 2: Baugrundklassen gemäss SIA 261

Baugrund- klasse	Beschreibung	$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT} [-]	c_u [kN/m ²]	S [-]
A	Fels oder andere felsähnliche geologische Formation mit höchstens 5 m Lockergestein an der Oberfläche	> 800	-	-	1.00
B	Ablagerungen von sehr dichtem Sand, Kies oder sehr steifem Ton mit einer Mächtigkeit von mindestens einigen zehn Metern, gekennzeichnet durch einen allmählichen Anstieg der mechanischen Eigenschaften mit der Tiefe	500 ... 800	> 50	> 250	1.20
C	Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton mit einer Mächtigkeit von einigen zehn bis mehreren hundert Metern	300 ... 500	15 ... 50	70 ... 250	1.15
D	Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Lockergestein (mit oder ohne einige weiche kohäsive Schichten), oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Lockergestein	< 300	< 15	< 70	1.35
E	Oberflächliche Schicht von Lockergestein mit v_s -Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit $v_s > 800$ m/s	-	-	-	1.40

9. Beeinträchtigung Dritter

Im Umfeld des Bauvorhabens bei der ARA Blindei sind keine Dritte vorhanden, weshalb hier keine vorsorgliche Beweissicherung notwendig ist.

Um Einwirkungen auf den direkt neben dem Regenbecken befindlichen Schlammstapel zu erkennen, ist dieser während den Bauarbeiten täglich visuell zu kontrollieren.

10. Schlussbemerkung

Die getätigten Untersuchungen erlauben nur eine generelle Beurteilung der geotechnischen Verhältnisse. Deshalb empfehlen wir eine geotechnische Begleitung während der Bauphase zur Überprüfung unserer z.T. auf Annahmen gestützten Aussagen.

GEOTEST AG



Daniel Bieri



Jan Nagelisen